

相分離による自己組織化現象を基にした構造形成 Structure formation of self-organization through phase separation

清野裕司 (Yuji KIYONO)

E-mail: y-kiyono@guppy.chitose.ac.jp

Self organization (or self assembly) phenomena occur widely in the animated and inanimated nature. Atoms and molecules assemble and arrange themselves in various structures, giving rise to unexpected and emerging properties. I developed methods for structure formation by self-organization phenomena in the process of polymer phase separation. As model compounds, I used polystyrene and PMMA. Phase separation structures were formed in emulsions and in cast films. Janus beads were formed in emulsions and I found that added polymeric stabilizers influence the shape of the particles. Also, sponge structures can be formed by emulsions, leading to new polymer supported catalyst systems. In cast films, spinodal decomposition patterns can be stabilized by added polymer stabilizers.

自己組織化現象は無機化合物から生物界まで幅広く存在する現象で、100 から数十億の原子や分子が自動的に組み合わせたり数ナノメートルからミリ単位までの構造体を作る現象である。また相分離は均一な混合物がエネルギー的に安定な複数の相へ分離する現象であり、相が安定化する過程の自己組織化現象を用いてフォトリソグラフィやインクジェット等トップダウン方式とは異なるナノマイクロ構造の形成方法を複数開発した。

1. サブミクロンサイズにおける高分子の球状形成方法¹⁾

本方法は高分子をフォトリソグラフィやインクジェット等を用い任意の位置に配置しアセトン、テトラヒドロフラン等、高分子をゲル化させることのできる溶媒を添加することにより、高分子が軟化、高分子自身の表面張力により位置を保持したまま球状に形成する方法である。金をスパッターにてコーティングし熱酸化により高分子球を分解除去することにより任意の位置に中空の金粒子を設置することが可能である(図 1)。

2. ヤヌス粒子の作製

本方法は混合しない二種類の高分子(PS, PMMA)を溶解させた酢酸エチル溶液を水溶性高分子等の水溶液と混ぜることにより O/W 乳化のマクロエマルションを作成、油相の沸点と水溶液の沸点の差によってヤヌス粒子構造を形成するものである(図 2)。

共焦点ラマン顕微鏡による計測の結果、水溶性高分子にポリビニルアルコールを用いた場合二極に分かれている粒子全体を PMMA がカバーしていることが確認された(図 3)。

3. マイクロスポンジ構造の形成

PEDOT:PSS 溶液に混合しない二種類の高分子(PS,PMMA)を溶解させたギ酸グラニル溶液を超音波によって混ぜることにより O/W 乳化のマクロエマルションを作成、ギ酸グラニル溶液相を型とした PEDOT:PSS のマイクロスポンジ構造を形成するものである

(図 4)。PS,PMMA を単独で使用した場合にはクリーニング速度が上がりマイクロスポンジ構造を作成することができない。また、TiO₂ に代表されるナノ粒子を混入することが可能であり、作成したスポンジ構造を熱酸化分解によって有機物を分解することにより、無機化合物 (TiO₂) で構成されたマイクロスポンジ構造を形成する事が可能である

(図 5)。

4. キトサン等による相分離制御

PS 溶液に微量のキトサン溶液等を添加することにより溶液内に高分子ゲルを発生させることにより、通常のディウェッティングとは異なる乾燥パターンを形成する事が可能である。PS,PMMA 混合溶液を用いた場合、乾燥時の湿度により PS,PMMA パターンが変化することが確認された (図 6)。

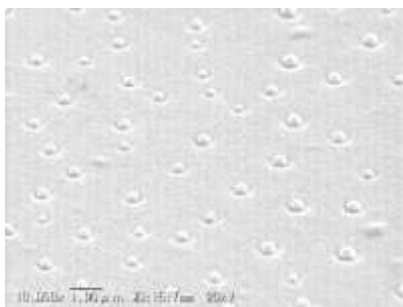


図 1 雲母上に形成した金の中空粒子

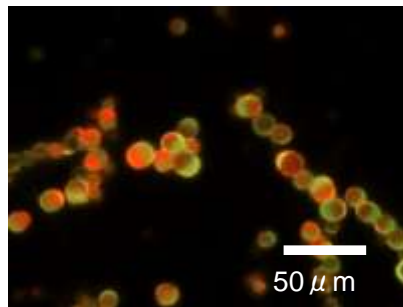


図 2 PS,PMMA のヤヌス粒子
(赤 : PS, 緑 : PMMA)

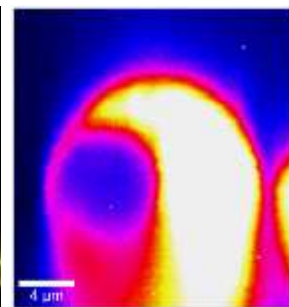


図 3 ヤヌス粒子の PS ラマン
スペクトル強度分布

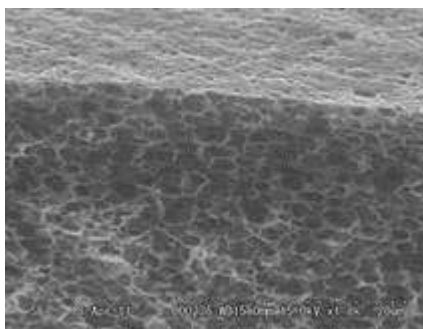


図 4 PEDOT:PSS のマイクロスポンジ構造

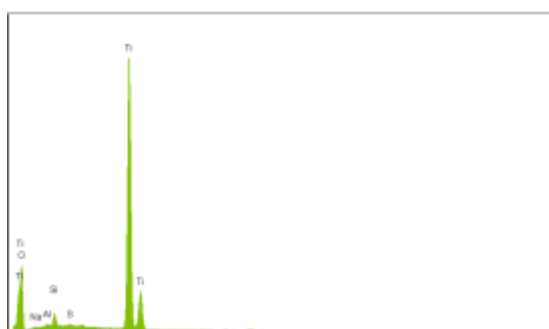


図 5 熱酸化により作成した TiO_2 マイクロスポンジ構造の
EDX スペクトル

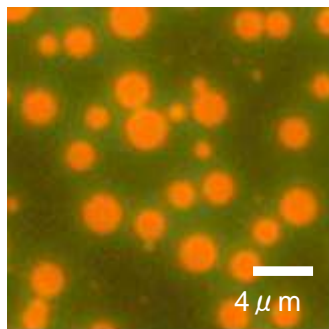


図 6 キトサン添加による PS,PMMA 溶液の相分離構造の変化
(左 : 乾燥空气中, 右 : 湿度 40% 以上)

参考論文

- 1) 清野 裕司、カートハウス オラフ、高分子論文集, Vol. 62, No. 11, pp. 546-552